



Et ændret dansk energisystem baseret på brint

Pedersen, A.S.

Published in:
Høringsmappe: Dansk energiproduktion i fremtiden

Publication date:
2005

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Pedersen, A. S. (2005). Et ændret dansk energisystem baseret på brint. In *Høringsmappe: Dansk energiproduktion i fremtiden* (pp. 74-77). Teknologirådet.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

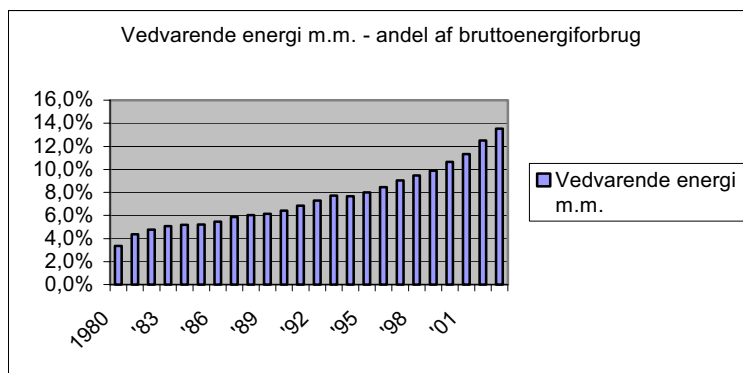
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Et ændret dansk energisystem baseret på brint

Af: Allan Schrøder Pedersen, Afdelingschef i Risøs Afdeling for Materialeforskning

Før eller senere bliver vi i Danmark nødt til at opgive vort nuværende energisystem, der i så høj grad er baseret på forsyning af fossil energi i form af olie, kul eller naturgas. De velkendte tvingende grunde hertil er relateret til ønsker eller krav til **pris, forsyningssikkerhed og uønskede miljøeffekter**. Mange analyser har allerede gennem adskillige år forudset denne udvikling og i Danmark har vi da også de facto igangsat en ændring af energisystemet. Således er andelen af vedvarende energi i vores energiforsyning (inklusiv affaldsforbrænding) steget støt i en årrække som vist i Fig. 1 og denne tendens ventes at fortsætte.



Figur 1. Vedvarende energi som andel af bruttoenergiforbrug i Danmark (Energ i tal og kort, Energistyrelsen, www.ens.dk)

Kurven i figur 1 afspejler i høj grad en igangværende omlægning af primærenergiforsyningen, specielt med hensyn til forsyning af varme (navnlig forbrænding af affald og biomasse) og elektricitet (overvejende fra vindmøller). Men selv om denne omlægning tydeligt kan aflæses i energistatistikken og faktisk har vist en accelererende stigningstakt, så kan man desværre ikke forvente at den "på egen hånd" vil fortsætte med kurs mod 100%. Der er flere grunde til at dette ikke uden videre lader sig gøre.

For det første er der stort set ikke over den tidsperiode, som er vist i Figur 1, sket ændringer i energikilderne på transportområdet. Transportsektoren forsynes i Danmark næste udelukkende af raffinerede olieprodukter (med en lille positiv undtagelse i elektrisk togtransport, der naturligvis indeholder en komponent af elektricitet fra vindmøller). Der mangler simpelt hen teknisk gode alternativer til olieprodukter og da transportområdet tegner sig for omkring 25-30% af det danske bruttoenergiforbrug rejser dette i sig selv en barriere for en fuldstændig omlægning af energiforsyningen. Dertil kommer den alvorlige omstændighed, at forbruget af energi ikke er relateret til produktionen og navnlig ikke til produktionen af vedvarende energi som sol og vind.

En væsentligt stigende andel af vedvarende energi i den danske energiforsyning stiller krav om nye teknisk og økonomisk acceptable metoder til lagring af energi, både til transportformål og til udjævning af forskelle mellem forbrug og produktion af energi.

Brintsamfundet har som begreb været stærkt omtalt de seneste år såvel i Danmark, som i EU og USA. Tilgangsvinklerne er dog forskellige, idet f.eks. USA har fokuseret på perspektiverne omkring fremstilling af brint ud fra fossile kilder i kombination med bortskaffelse af CO₂, mens diskussionen i Danmark mere sigter på grundlæggende ren teknologi baseret på elektricitet fra vindmøller og måske solceller.

Brint er i sig selv en fremragende energibærer på vægtbasis, dvs. at 1 gram brint har højere brændværdi end 1 gram af et hvilket som helst andet, kendt brændsel. Dette er selvfølgelig grunden til at brint tiltrækker sig interesse som en fremtidig energibærer. En anden grund er at brint meget let kan fremstilles ud fra en lang række forskellige metoder, hvoraf fremstilling ved elektrolyse ud fra vand og elektricitet er særlig interessant for danske forhold. Men det er vanskeligt at opbevare (lagre) ren brint på en kompakt måde, hvilket i praksis betyder at brændsel i form af brint med brændværdi på 1 kJ fylder mere end 1 kJ i form af andre energilagere.

Men der findes heldigvis glimrende metoder til at binde brint så det ikke fylder så meget. En del af VEnzin ideen drejer sig i princippet om at binde brint til CO₂, hvorved man faktisk får dannet flydende brændsler af samme type som dem vi i dag kender og bruger. Et eksempel er metanol (karburatorsprit), der har rigtig mange gode egenskaber som brændsel. Fremstilling af metanol ud fra brint kræver som nævnt CO₂ som kulstofkilde, hvilket ikke er noget problem så længe CO₂ er tilgængeligt i store, koncentrerede mængder i kraftværker, der producerer el og varme ud fra fossile brændsler. Men hvis CO₂ skal opsamles fra atmosfæren, hvor koncentrationen kun er 0,035%, er det ikke helt let. Derfor er denne metode måske mest interessant i en overgangsperiode, hvor der stadig er en stor andel af fossil energi i vor primære energiforsyning og hvor CO₂ således er let tilgængeligt. Men i sådan en overgangsperiode giver det til gengæld også god mening, da man i så fald ville kunne udnytte eksisterende teknologier i infrastruktur og mange forbrændingsanlæg mm., der allerede nu er anlagt på flydende brændsler.

Ser man imidlertid længere frem, til en tid, hvor det danske energisystem måske er helt afkoblet fra fossil energi, må man benytte andre lagringsmetoder eller –systemer hvis man ønsker at lagre brint og heldigvis er der også mange mulige.

To vigtige egenskaber ved et energilager er energitætheden på henholdsvis vægt- og rumfangsbasis, dvs. hvor meget fylder en vis mængde lagret energi og hvor meget vejer det. Men der er selvfølgelig også andre afgørende egenskaber som f.eks. pris og hastighed for påfyldning og aftapning. Tabel 1 viser nogle mål eller krav, som det amerikanske (US) Department of Energy har opstillet til et fremtidigt, kunstigt brintlager, hvis det skal kunne anvendes som praktisk muligt alternativ til nuværende fossile lagre.

Målsætning	2005	2010	2015
Masse energitæthed (MJ/kg)	5.4	7.2	10.8
Brint indhold (w/w%)	4.5	6.0	9.0
Volumen energitæthed (MJ/L)	4.3	5.4	9.72
Volumen energitæthed (g H ₂ /L) ^a	36	45	81
Pris (\$/kg)	9	6	3
Anvendelses temperatur (min/max/°C)	-20/50	-20/50	-20/50
Antal anvendelser ^b	500	1000	1500
Brint flow hastighed (g/s)	3	4	5

Brinttryk ved afgivelse (bar)	2.5	2.5	2.5
Responstid (s)	0.5	0.5	0.5
Optankningstid (kg H ₂ /min)	0.5	1.5	2.0

Tabel 1. Det amerikanske energiministerium (DOE) har opstillet en målsætning for brintopbevaring i forbindelse med det såkaldte FreedomCAR projekt (Gengivet fra "Basic Research Needs for the Brint Economy", Office of Science, U.S. Department of Energy, May 13-15, 2003.).

Tabel 2 giver en oversigt over data for forskellige metoder til opbevaring af brint og for sammenligningens skyld er der også medtaget data for andre kendte energilagre. Det falder i øjnene at kunstige energilagre generelt ikke er særligt energitætte: det er vanskeligt at "koncentrere energi" og som det fremgår, er det specielt vanskeligt at gøre det bedre end i naturlige, fossile brændsler. Vi har været meget heldige ved at have fossiler til rådighed, om end de måske så i andre henseender ikke er optimale. Men selv om de kunstige energilagre ikke kommer på højde med de fossile (benzin) så er der dog nogle som rummer et potentiale.

	w-%H	g H/l	kJ/ml	kJ/g
Brint ved 200 bar	100	17	2,4	141
Flydende brint	100	70	10	141
Metalhydrid (LiBH ₄)	18,5	121	17	26
Metanol	12,5	99	18	22,7
Benzin			33,4	47,6
Blybatteri				0,2
Avanceret batteri (Li)				0,7
Svinghjul				0,5

Tabel 2. Energitætheder for forskellige energilagre baseret på nedre brændværdi for brint. Vægt af beholder ikke medtaget



Figur 2 Regneeksempel med en mindre bil, der kan køre 16 km/L benzin og har en rækkevidde på 400 km. Benzinforbruget bliver ca. 25 L svarende til ca. 7 kg hydrogen forbrændt i en forbrændingsmotor med en virkningsgrad på ca. 15 %. Hvis bilen i stedet var udstyret med en brændselscelle, der elektrokemisk kan forene hydrogen og ilt til vand, med en virkningsgrad på f.eks. 30%, var det kun nødvendigt med ca. 3,5 kg hydrogen (fra T. R. Jensen, *Aktuel Naturvidenskab*, 2004, 1, 11-14).

Konklusioner

Brint har egenskaber, der muliggør anvendelse som en energibærer i et fremtidigt energisystem uden fossile komponenter. Navnlig af økonomiske grunde vil der dog forventeligt gå relativt lang tid (min. 10-15 år) før et brintsamfund kan realiseres. I den mellemliggende periode kan brintteknologier med fordel udvikles i to spor:

- Teknisk-videnskabeligt med henblik på økonomi (billiggørelse)
- Demonstration på mindre systemniveau

Flere af teknologierne kræver helt enkelt en dybere teknisk forståelse med henblik på udvikling i retning af billiggørelse. Det gælder f.eks. for lagringsteknologi og højtemperaturelektrolyse med hensyn til materialer og processer. Andre brintteknologier er allerede udviklet til et konkurrencedygtigt niveau og har nærmere behov for demonstration af anvendelighed gennem egentlige demonstrationsprojekter.

Energistyrelsen har nyligt forestået udarbejdelsen af en dansk strategi for forskning og udvikling af brintteknologier. Strategien anbefaler netop en indsats på begge de nævnte niveauer.